

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Johannes Gutenberg-Universität

Mainz

1957

G Weizhuhn



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554416_0117

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kiefer-
krankheiten der Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

(Direktor: Professor Dr. Dr. M. Herrmann)
Konservierende Abteilung
(Leiter: Professor Dr. Joseph Kluczka)

Abhängigkeit des Randschlusses der Amalgamfüllung
von den Eigenschaften der Amalgamfeilung.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnheilkunde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Johannes Gutenberg-Universität
Mainz

vorgelegt von

Gert Weißhuhn
Zahnarzt
aus Dortmund

1957



Dekan: Professor Dr. Köttgen

Referent: Professor Dr. Kluczka

Datum des Diploms 20. Dez. 1957

Inhaltsverzeichnis

Einleitung	4
------------	---

Theoretischer Teil

Über den Randschluß	5
a) Zubereitungsmöglichkeiten der Amalgame	5
b) Stopftechnisches	8
c) Quecksilbergehalt und Giftigkeit der Amalgamfüllung	10
d) Silbergehalt der Amalgamfüllung	11
e) Fließen des Amalgams	12
f) Dimensionsverhalten der Amalgame	13

Experimenteller Teil

Einleitung	15
1. Die Herstellung der Phantomkavität	15
2. Die Zubereitung von „Standalloy“	16
3. Die Stopftechnik	17
4. Die Versuchsanordnung	19
5. Die Blasendruckmethode	19
6. Verlauf der Messungen	20
7. Die Stopfversuche mit dem Amalgam „N 670“	21
8. Die Stopfversuche mit „Standalloy“	22
9. Die Stopfversuche mit dem „Kavo-Hammer“	23
10. Versuch, die beschriebene Stopftechnik Kollegen zu vermitteln	27
11. Die Matrizenversuche	29
a) Matrice A: Schlechte Matrice	30
b) Matrice B: Gute Matrice	30
c) Matrice C: Gute Matrice	31

Zusammenfassung	36
-----------------	----

Literaturverzeichnis	37
----------------------	----

Einleitung

Die Amalgame, vornehmlich die Silber-Zinn-Amalgame, sind heute, vor allem in der Sozialpraxis das meist verwendete Füllungsmaterial des Zahnes. Gegenüber anderen Füllungsmaterialien haben sie den Vorzug, verhältnismäßig billig zu sein, und können in der Praxis schnell und leicht verarbeitet werden. Nach einer Aufstellung von Brekhuis und Armstrong (1) sind in Amerika von einer halben Million Füllungen 68% aus Amalgam hergestellt worden.

Nach Black (2) soll das Amalgam erstmals am Anfang des vorigen Jahrhunderts als Füllungsmaterial Verwendung gefunden haben. Seitdem dürfte wohl kein Füllungsmaterial so heiß umstritten und so grundlegend verschieden beurteilt worden sein. Es mag wohl daran liegen, daß auch heute noch, trotz intensivster Forschungsarbeit in den letzten 70 Jahren, manche Frage ungeklärt geblieben ist.

Bei richtiger und sorgfältiger Verarbeitung genügen unsere heutigen Amalgame den hohen Anforderungen, die wir an sie stellen. Die Nichteinhaltung der Vorschriften ist wohl im Zeitmangel der Sozialpraxis, sowie in der scheinbaren Einfachheit des Prinzips des Anrührens und der Verarbeitung zu suchen, die dann zur Flüchtigkeit verführt. Die Statistik von Wannenmacher (3) über die sekundäre Karies, (2308 Amalgamfüllungen davon 1401 = 60% kariöse Sekundärerkrankungen), bestätigt dies in einem bedrückenden Ausmaß.

„Gelingt es uns aber (Greth 4), die so häufig beobachtete Flüchtigkeit beim Füllen der Zähne zu beseitigen und hierfür die nach wissenschaftlichen Grundsätzen erfolgende Präparation der Kavitäten und Verarbeitung des heute meistens einwandfreien Materials zu setzen, dann werden wir auch erreichen, daß der Amalgamfüllung in der Zahnheilkunde die Stellung eingeräumt wird, die ihr gebührt.“

Theoretischer Teil

Über den Randschluß.

Die Literatur über Amalgamfüllungen ist sehr umfangreich. Viele Faktoren spielen bei einer Amalgamfüllung eine große Rolle und sind schon von den verschiedensten Seiten beleuchtet worden, wie Zubereitungsmöglichkeiten, Quecksilbergehalt, Stopftechnik, Dimensionsverhalten, Silbergehalt, Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit, Abbindezeit, Porosität, elektrisches Potential, Fließen und nicht zuletzt aus kosmetischen Gründen die Farbe. Alle diese Faktoren vereinigen sich mehr oder weniger in einem Ziel: Der Füllung einen exakten Randverschluß zu verleihen; denn darin liegt ihr wahrer und wesentlichster Wert. Mag eine Füllung noch so sorgfältig verarbeitet und poliert sein, wenn ihr Randschluß am Schmelzrand der Kavität fehlt, ist sie unbrauchbar und wertlos. Aufgabe der Amalgamfüllung ist es, den kariös zerstörten Zahn vor dem weiteren Zerfall zu schützen, ihn wieder kau- und funktionstüchtig zu gestalten und damit das Leben des Zahnes, die Pulpa, vor dem Untergang zu bewahren. Es sollte die höchste Pflicht eines jeden Zahnarztes sein, die Pulpa so lange wie möglich durch eine exakte und gewissenhafte konservierende Therapie zu erhalten. Es ist also notwendig die Kavität bakteriendicht abzuschließen. Es wäre unärztlich gehandelt, wenn durch eine unsachgemäße Therapie Bakterien zwischen Füllung und Kavitätenwand des Zahnes durchwandern können und eine Sekundärkaries die Folge ist.

Bevor ich nun mit meinen eigentlichen Untersuchungen beginne, möchte ich diejenigen Faktoren kurz beleuchten, die für einen guten Randschluß von nicht zu unterschätzendem Wert sind.

Zubereitungsmöglichkeiten der Amalgame.

Der Erfolg einer guten Amalgamfüllung liegt schon in der Zubereitung des Materials selbst. Für jede der noch zu besprechenden Möglichkeiten sind andere Bedingungen vorauszusetzen. Erfolg oder Mißerfolg sind in einem nicht geringen Umfange von der jeweils gegebenen Anmischtechnik abhängig. Eine Voraussetzung dazu ist die genaue Dosierung von Feilicht und Quecksilber, eine Forderung, die heute von fast allen Autoren verlangt wird, damit eben die gleichmäßige Beschickung von Feilicht mit Quecksilber gewährleistet ist und die Gefahr eines späteren Freiwerdens von Quecksilber verhindert wird. Das Mischen der beiden Komponenten geschieht auf verschiedene Art:

1. Im Mörser mit Pistill;
2. im Gummifingerling;
3. in Schüttelgeräten.

Ilg (5) konnte nachweisen, daß von diesen Anmischmethoden das im Gummifingerling bereitete Amalgam in Bezug auf die Expansion und damit für den Randschluß die günstigsten Werte zeigte, während das im Mörser bereitete Amalgam nur im geringen Abstand folgte; Schüttelgeräte zeitigten dagegen die ungünstigsten Ergebnisse. Nicht unwesentlich wirkt sich die Teilchengröße (Ilg 5) auf die Füllung aus. Sind die Teilchen grob, verläuft die Amalgamierung nur zögernd, sind sie dagegen fein, vollzieht sich dieser Vorgang schneller, da die zu benetzende Oberfläche je Gramm Feilicht (die spezifische Oberfläche) um so größer ist, je feiner die Feilungsteilchen sind. Liegt eine Feilung von verschiedener Teilchengröße vor, so ist es kaum möglich, ein Amalgam herzustellen, das in allen Teilen gleichmäßig amalgamiert ist. Werden die Teilchen zu extrem zerkleinert, also pulverisiert, so werden sie nur noch schwer vom Quecksilber benetzt. Es besteht hier die Gefahr, daß der Legierung zu viel Quecksilber zugesetzt wird und die Füllung einen Quecksilberüberschuß zeigt. Die Teilchen dürfen also weder zu grob noch zu fein sein.

Jaraback (6) wie auch Crowell-Phillips (7) jedoch befürworten eine feinste Pulverisierung, da nach ihren Erfahrungen dadurch die Stabilität des Amalgams erhöht wird.

Lacroix (8) schreibt, je feiner die Teilchengröße ist, desto weniger ist der Einfluß der unbeabsichtigten Schwankungen in der Zubereitungstechnik zu spüren.

Hagedorn (9) befürchtet bei Anreibung im Mörser die Gefahr einer teilweisen Pulverisation, da der Druck auf das Pistill von dem Ausführenden nicht so abgestuft werden kann und häufig sehr groß ist. Dadurch entstehen Teilchen, die kleiner und in der Größe mehr gleichförmig sind, was für ein gutes Amalgam nicht zweckmäßig ist.

Jede Anmischmethode bringt eine andere Zubereitung des Amalgams und damit eine andere Verarbeitungsweise. Alle vereinigen sich aber in der Forderung des „National Bureau of Standards“ in der Spezifikation des American Dental Association, die unter III verlangt:

1. Vollständige Amalgamierung in drei Minuten;
2. Nach dem Anrühren darf das Amalgam weder eine körnige noch eine sandige Eigenschaft besitzen.

Es sind Forderungen, die sehr allgemein gehalten sind und heute fragwürdig erscheinen. Dennoch werden sie im allgemeinen als Grundlage benutzt. Beim Verarbeiten des Amalgams im Mörser wird der Legierung zunächst im vorgeschriebenen Gewichtsverhältnis Quecksilber zugesetzt und unter ständigem Rühren und Drehen des Pistills und leichtem Druck auf dasselbe beide Teile zu einer plastischen Masse vermischt. Nach Rebel (10) soll dabei die Anreibezeit für die niedersilberhaltigen Legierungen dreiviertel bis eine Minute betragen, während für die hochsilberhaltigen, amerikanischen ein Zeit von drei Minuten gefordert wird. Dabei würde für die Füllung zu kurzes Anreiben eine starke Expansion, zu langes Mischen eine starke Kontraktion bedeuten. Wenn das Material plastisch ist, wird es im

Kofferdamm oder im Gummifingerling nachgeknetet bis es füllungsreif ist. Ein Kneten in der Hand jedoch birgt durch Schweiß, Epithelien und Hautkeime die Gefahr der Verunreinigung des Amalgams in sich. Dies läßt sich ohne große Umstände durch den Gebrauch des Fingerlings vermeiden. Außerdem ist hierdurch eine Hg-Vergiftung durch die Haut selbst, wenn sie eine nur geringe Gefahrenkomponente darstellen sollte, gebannt. Diese Anmischmethode trägt Fehlerquellen in sich. Diese werden jedoch mit einberechnet. Das Anmischen mit dem Gummifingerling hat den Vorteil, daß die Zerquetschung der einzelnen Teilchen geringer sind, da der unterschiedliche Zerreibungsdruck nicht so zur Geltung kommt und nach Hagedorn (9) einem Aufbrechen der größeren Teilchen vorgebeugt wird. Außerdem fällt hier ein weiteres Nachkneten fort.

Die mechanische Anmischmethode findet ihre Anhänger u. a. in Miller (11), Loebich (12), Taylor (13) und Schoonover (14). Ein großer Vorteil liegt ohne Zweifel in der kurzen Anmischzeit. Taylor (13) wie auch Schoonover (14) sehen ihn darin, daß die Möglichkeit einer ungenügenden Vermischung und die damit verbundene spätere Expansion sowie eine durch ein zu langes Mischen mit einhergehender Kontraktion ausgeschaltet wird. Loebich (12) verbindet mit der mechanischen Mischung drei Forderungen:

1. Der Mischer muß so konstruiert sein, daß er die Bestandteile des Amalgams kräftig durcheinanderschüttelt.
2. Die Bohrmaschine muß mindestens 2 000 besser 2 500 Umdrehungen pro Minute machen und zwar nicht im Leerlauf, sondern mit aufgestecktem Mischer.
3. Das Amalgam muß für die mechanische Mischung geeignet sein.

Bemerkenswert ist aber die Feststellung Loebich's (12), daß die 67%₀-igen amerikanischen Amalgame ungeeignet sind, während sich die 50%₀-igen wie auch die 67%₀-igen deutschen Amalgame leicht amalgamieren lassen. Loebich (12) kommt zu dem Schluß, daß das Anschütteln wie auch das Anreiben gleich gute Amalgame liefert, eine Auffassung, der sich auch Miller (11) anschließt.

Heyo Schulte (15) ist der Überzeugung, daß es bei genauester Kenntnis aller Faktoren möglich ist, stets ein Amalgam von gleicher Konsistenz und gleichem Dimensionsverhalten anzumischen, warnt aber zugleich davor, daß bei Unkenntnis in der Handhabung der Schüttelgeräte die Fehlerquellen viel bedeutender sind, als bei der Handmischmethode.

Ziel aller Arten der Zubereitung des Amalgams aber muß es sein, eine innige Vermischung der Legierung mit dem Quecksilber zu erreichen, damit wir ein Amalgam bekommen, das gleichmäßig in seiner Qualität ist. Damit erreichen wir auch eine gleichmäßige Reaktion der verschiedenen Elemente Silber, Zinn und Quecksilber. Voraussetzung hierfür ist die genaue Angabe der Zusammensetzung und Dosierung vom Hersteller und eine genaue

Verarbeitung durch den Zahnarzt. Rebel (10) sagt ganz richtig: „Jede Amalgamfüllung muß mit der gleichen Sorgfalt wie eine Guß- oder Goldfüllung hergestellt werden.“ Der Weg zu dieser Forderung führt über einen der wichtigsten Punkte, nämlich über die Stopftechnik.

Stopftechnisches:

Da die stopfende Hand keine Maschine ist, die man in ihrer Arbeitsweise präzise abstimmen kann, wird man einen gewissen Unsicherheitsfaktor mit einrechnen müssen, der bis jetzt einen 100%igen Erfolg nicht garantieren kann. Der Erfolg liegt in der Individualität und der Fertigkeit der stopfenden Hand, wobei das Gefühl sowie die Gewissenhaftigkeit des Stopfenden eine Rolle spielt. Es läßt sich deshalb keine feste Norm aufstellen. Trotzdem haben sich auf Grund jahrzehntelanger unermüdlicher Forschungsarbeit Gesichtspunkte für eine gewissenhafte Stopftechnik herauskristallisiert, die sich als nützlich erwiesen haben und die dann einen guten Randschluß ermöglichen. Grundbedingungen, ohne die einfach eine exakte Stopftechnik illusorisch ist, sind: Genaue Kavitätenpräparation, Trockenlegung, eventuell unter Kofferdamm, Unterfüllung sowie die schon beschriebene Zubereitung des Amalgams. Sind diese gegeben, liegt die Güte der Füllung wohl nur noch in einer gewissenhaften Technik des Stopfenden. Dazu schreibt Black (2): „Es ist wichtig, die Masse des Amalgams möglichst als Ganzes zu fassen, wobei die richtigen Stopperformen von größter Bedeutung sind.“ Zur Erzielung vollkommener Resultate ist die Kompression sehr wichtig. Dabei sollen die Stopfflächen flach sein und die ganze Kavität ausfüllen. Das Amalgam soll zwischen Stopffläche und Kavitätenwänden eingeschlossen und stark zusammengepreßt werden, damit es in alle Teile der Kavität eindringt. Gleichzeitig soll die ganze Kraft, deren die Hand fähig ist, aufgewandt werden und eine Zeit lang auf das Amalgam einwirken. Man fügt Amalgammasse zu, komprimiert wieder und verfährt so weiter, ohne die Genauigkeit der Arbeit zu beeinträchtigen. Black (2) stopft übertoll. Der aufgewandte Druck soll möglichst ein direkter sein. Nach dem Stopfen soll das Amalgam kurze Zeit „ruhen“ und dann der Überschuß mit Polierer oder Spatel entfernt werden. Dieses soll aber ohne Druck auf die Füllung erfolgen.

Rebel (10) stopfte sofort nach der Anreibung in kleinen Portionen. Mit vieredrigem Füllinstrument, besonderen Amalgamträgern, Pincette oder querabgebogenem Spatel werden sie in die Kavität eingebracht. Jede Portion soll mit mäßiger Kraft einrotiert werden, entweder mit rechtwinklig-plangeschliffenen oder angerauhten, zylinderförmigen Stopfern. Das Amalgam soll zuerst in die Kavitätenwinkel und an die Kavitätenwände einrotiert werden, dabei soll das Instrument vom Zentrum der Kavität zur Peripherie arbeiten. Dann erst wird der Boden ohne großen Druck (Pulpa!) aufgefüllt. Ausgepreßtes Amalgam wird entfernt. Die letzte Portion muß auch unter Druck kondensiert werden.

Ehrlich (16) hält es dabei für zweckmäßig, mittelgroße Füllungen in vier Portionen zu stopfen, da hierbei die günstigsten Ergebnisse im Bezug

auf den Randschluß zu verzeichnen waren. Mit einer neuen Arbeitshypothese für die Stopftechnik befaßt sich Ilg (6). Er konnte bei verschiedenen Amalgamen im Volumenverhalten einen gemeinsamen, charakteristischen Verlauf feststellen: Einer primären Kontraktion folgte anschließend eine Expansion. Es soll durch entsprechend langes Zuwarten der größte Teil der primären Kontraktion abgelaufen sein, ehe im Zustand der „letzten Plastizität“ das Amalgam in die Kavität eingebracht und kondensiert wird. Auch hier wird das Amalgam mit Überschuß gestopft. Erst im Zustand der „letzten Adaptierfähigkeit“ wird der Überschuß entfernt und die Randpartien kräftig angelegt. Ilg (6) erhofft von dieser Stopftechnik einen besseren Randschluß der Füllungen.

Wie wichtig gerade auch das Stopfen der letzten Portionen ist, konnte Loebich (12) in seinen Untersuchungen nachweisen. Er ist dabei zu der Überzeugung gekommen, daß durch Verringerung des Quecksilbergehaltes an der Füllungs Oberfläche um 1-2% gegenüber den pulpennahen Teilen der Füllung ein vollbefriedigender Randschluß erzeugt werden kann. Als geeignete Stopftechnik ist dabei die von Witzel (17) gegeben: Kräftiges Kondensieren, Stopfen mit Überschuß und Beseitigung des ausgepreßten Quecksilbers.

Spreter von Kreudenstein (18) konnte die Feststellung Loebich's (12), daß der Füllungsrandspalt in den oberen Schichten größer ist, experimentell mit radioaktivem Phosphor bestätigen.

Miller (11) dagegen hält es nicht für ratsam, die letzten Portionen quecksilberarm zu stopfen, da eine Verbindung mit dem früher gestopften Amalgam fraglich erscheint, die Politur darunter leidet und eine frühzeitige Korrosion eintritt.

R. E. Mc. Donald und R. W. Phillips (19) sind der Meinung, daß ein schlechter Randschluß nicht so sehr in der Verarbeitung einer schlechten Legierung als in der falschen Handhabung einer guten Legierung liegt. In Amerika wird heute, nach Baume (20), mit folgender Stopftechnik verfahren: Die Anmischung wird in drei gleiche Teile geteilt. Mit Hirschleder oder Amalgamzange wird die erste Portion ausgepreßt die im Zeitraum einer Minute schichtenweise mit kräftigem Druck, der in der Mitte stärker ist als an den Randpartien, — im Gegensatz Rebel (10) (Pulpa), — in die Kavität eingebracht, wobei überschüssiges Quecksilber an die Oberfläche gedrückt wird. Man verarbeitet die zweite und dritte Portion exakt im Verlaufe der zweiten und dritten Minute. Reicht die Amalgammenge nicht aus, muß genau zur vierten Minute eine neue Anmischung bereitstehen, damit diese Portion ohne Unterbrechung eingebracht und kondensiert werden kann. An der Oberfläche beläßt man immer etwas Quecksilber, damit die Kristallisation etwas verzögert und ein homogener, schichtenloser Aufbau gewährleistet ist. Die Füllung wird ebenfalls leicht übertüllt gestopft. Dabei legt man besonderen Wert darauf, daß die Okklusionspartie durch vibrierende, kräftige Drucke besonders gut kondensiert und von Quecksilber befreit wird.

Quecksilbergehalt und Giftigkeit der Amalgamfüllung.

Wie wir im Abschnitt über die Zubereitung schon lasen, besteht die Forderung, Feilicht und Quecksilber in genau dosierter Menge anzumischen. Nun wird aber in der Durchschnittspraxis größtenteils die Dosierung nur nach dem Augenmaß vorgenommen. Dem Feilicht wird in ungefährer Menge Quecksilber zugeführt und beides verrührt, bis an den verschiedenen Anzeichen der vermeintliche Plastizitätsgrad erreicht ist. Ein Zuviel an Quecksilber wird dann anschließend wieder ausgepreßt. Da aber der Quecksilbergehalt auch einen wesentlichen Einfluß auf die Güte der Füllung hat, ist eine solche Arbeitsweise nicht angebracht und abzulehnen.

Bonsack (21) schreibt dazu: Was entfernt man, wenn man vor der Einführung das Amalgamklümpchen auspreßt? Theoretisch ist es Quecksilber, das schon durch die Feilungsmetalle verschmutzt ist. Mit dem Verlauf der Zeit wird dieser Überschuß immer fester und weniger. Der Gehalt an Feilungsmetall vergrößert sich, da die Festigkeit noch nicht genügend fortgeschritten ist, so daß man von einer fortgeschrittenen Amalgamierung sprechen könnte. Wenn man danach die Masse in die Kavität bringt im Verhältnis 5:7, wird das Instrument in eine weiche Masse eindringen. Man entfernt und entfernt. Man weiß nicht, was von der ursprünglichen Zusammensetzung weggenommen wurde.

Black (2) schreibt zum Quecksilbergehalt, daß die Festigkeit von dem tatsächlichen Grad der Vereinigung von Quecksilber mit der Legierung abhängt. Liegt ein geringer Hg-Gehalt vor, wird das Amalgam bröckelig, während bei einem Zuviel an Hg das Amalgam weich bleibt. In beiden Fällen jedoch ist der Festigungsgrad nach dem Erhärten herabgesetzt. Deshalb soll nur die geringste Hg-Menge verwendet werden, die eine plastische Masse liefert. Nur so erhält man die festeste Füllung.

Lacroix (8) äußert sich ähnlich, wenn er sagt: Der Quecksilbergehalt ist von komplexer Wirkung. Bei zu wenig Hg ist die Amalgamierung ungenügend und die Bruchgefahr größer. Bei zuviel Hg steigt die Porosität und deshalb auch wieder die Bruchgefahr. Fenchel (22) weist ferner darauf hin, daß der Hg-Gehalt die Volumenschwankungen stark beeinflusst. Ein Zuviel an Hg bedeutet Ausdehnung, während ein Zuwenig an Hg Kontraktion verursacht. Außerdem führt er das „Fließen“ darauf zurück, daß die hochsilberhaltigen Amalgame einen sehr hohen Hg-Gehalt besitzen. Witzel (17) konnte feststellen, daß bei gleichmäßig ausgeübtem Druck auf die Oberfläche von Füllungen der letzte Rest des überschüssigen Hg's entfernt wird, und damit diese eine geringe Ausdehnung mit nachfolgender Kontraktion zeigen. Randschluß sowie Rand- und Kantenfestigkeit werden erhöht. Bei zu geringem Hg-Gehalt steigt außerdem die Korrosionsgefahr und die Füllung neigt stärker zur Verfärbung. Die beste Struktur des Amalgams konnte Crawford (23) bei einem Hg-Gehalt von 47% feststellen. Zur Giftigkeit wäre zu sagen, daß eine richtig zusammengesetzte Edelamalgamfüllung kein überschüssiges Hg enthält und unschädlich ist. Schönbeck (24).

Derselben Meinung sind auch Ray (25) wie auch Taylor (26), wenn sie sagen, daß nur schlechte Handhabung mit unsachgemäß zubereitetem Amalgam Patient wie auch Zahnarzt gefährden können.

Silbergehalt der Amalgamfüllung.

Wir unterscheiden heute vor allen Dingen zwischen den niedersilberhaltigen 50%igen und den hochsilberhaltigen, also den 65%igen bis 70%igen Amalgamen. Während in den USA nur noch hochsilberhaltige Amalgame verwendet werden, ist es bis jetzt in Deutschland jedoch noch nicht entschieden, welchem von Beiden in der Praxis der Vorzug eingeräumt werden soll.

Während Wannenmacher (3) die 60%igen Silberamalgame als die Volumenbeständigsten ansieht, verursache alles, was darüber liegt eine Expansion und was darunter liege eine Kontraktion. Sterner-Rainer (33) beobachtete das beste Volumen bei 60% bis 67%.

Black (2) findet bei den 65—70%igen Amalgamen die besten Resultate. Heute werden nach Baume (20) in Amerika nur noch die 69%igen bis 75%igen Silberamalgame verwendet.

Fenchel (22) dagegen konnte in Versuchen feststellen, daß sich sowohl bei den 50%igen wie auch bei den 65%igen Silberamalgamen je nach Behandlung kontrahierende, expandierende und volumenbeständige Amalgame herstellen lassen und folgert daraus, daß der Silbergehalt nichts mit dem Volumenverhalten zu tun hat. Dieser Meinung schließen sich auch Loebich-Nowack (27) an, indem sie zu dem Schluß kommen, daß beim Volumenverhalten nicht der Silbergehalt, sondern die „Herstellung“ ausschlaggebend ist. „Alle Manipulationen vom Schmelzen und Gießen der Legierung anfangen bis zum Anreiben der Feilung mit Quecksilber beeinflussen das Ergebnis weit mehr als der Silbergehalt.“

In den deutsch-amerikanischen Forscherkreisen besteht darüber kein Zweifel mehr, daß die 67%igen Silberamalgame eine schnellere Abbindezeit, größere Härte sowie Druckfestigkeit besitzen. Schon Black (2) zeigte, daß bis zu einem Silbergehalt von 75% die Härte ansteigt; danach wird das Amalgam wieder brüchiger. Die Kantenfestigkeit (Rebel 10) ist aber bei den 67%igen kleiner als bei den 50%igen, während die Spaltfestigkeit bei beiden keine wesentlichen Unterschiede aufweisen. Nach Untersuchungen von Loebich-Nowak (27) kann aber die Druckfestigkeit, Brinellhärte sowie das Fließen durch entsprechende Metallzusätze zu den 50%igen Silberamalgamen auf die gleichen Werte der 60%igen und 70%igen Amalgame gebracht werden. Diese Tatsache ist bisher wohl zu wenig beachtet worden. Ein möglicher Nachteil der hochsilberhaltigen Amalgame ist es, daß sie einen höheren Hg-Gehalt benötigen, wobei nach Rebel (10) die Gefahr besteht, daß eine größere Menge Hg hinzugefügt wird um die Amalgamation zu beschleunigen. Diese Gefahr tritt bei den 50%igen nicht auf, da diese einen geringeren Hg-Gehalt beanspruchen. Es wird bei den hoch-

silberhaltigen Amalgamen mehr Hg aufgenommen als chemisch gebunden werden kann, während die 50%igen chemisch weniger Hg enthalten als sie zur Abbindung gebrauchen.

Fenchel (22) kommt beim Silbergehalt zu der Überzeugung, daß nicht dieser die Eignung eines Amalgams für zahnärztliche Zwecke bestimmt, sondern ausschließlich Herstellung und Kontrolle durch den Fabrikanten und seinen wissenschaftlichen Laboratoriumsstab.

Fließen des Amalgams.

Mikroskopisch sehen wir bei gelegten Füllungen häufig eine kugelförmige Quellung an ihrer Oberfläche, oder es kommt zu einem Überstehen der Füllung an den Kavitätenrändern. Damit ist ein guter Randschluß illusorisch. Unter dem „Fließen“ allgemein verstehen wir, daß ein Amalgamkörper, der unter einer dauernden Belastung steht, dieser fortlaufend ausweicht und nachgibt und somit einer Formveränderung unterzogen wird.

Die A. D. A. Spezifikation Nr. 1 verlangt, daß ein Amalgamversuchskörper innerhalb von 24 Stunden, bei einer Belastung von 250 kg/cm² nur um 4% „fließen“ darf, falls das Amalgam als Füllungsmaterial Verwendung finden soll. Diese Forderung wird von den meisten Autoren heute angezweifelt, da im Munde nie eine Dauerbelastung in Erscheinung tritt und in dieser Höhe bei weitem nicht vorkommt.

Bonsack (21) schreibt dazu: „Es ist möglich, daß diese Spezifikation notwendig war zur Zeit von G. V. Black. Man könnte sie vorteilhafter durch eine neue Vorschrift ersetzen, die in erster Linie die Spalt- und Kantenfestigkeit berücksichtigt.“

Taylor (13) sieht in dem „Fließen“ ein normales Erscheinungsbild, das auf einen zu geringen Silbergehalt zurückzuführen ist. Damit ist eine geringere Härte verbunden, die dem vorhandenen Kaudruck nicht gewachsen ist.

Da es aber im Munde kaum zu einer Dauerbelastung kommt, weist Fenchel (22) darauf hin, daß es auch nie zu einer Verflüssigung der Kristalle kommen kann, die jedem „Fließen“ vorausgehen müßte, auch wenn es zu einer „Akkumulierung“ von vielen Einzelwirkungen kommen sollte. Außerdem müßte in jeder Ruhepause eine Rückkristallisation einsetzen und eine Verflüssigung bei jedem erneuten Angriff neu beginnen. Fenchel (22) sieht, wie schon erwähnt, in dem hohen Hg-Gehalt der hochsilberhaltigen Amalgame die Ursache des „Fließens“. Lacroix (8) konnte feststellen, daß mit der Größe des Stopfdruckes das „Fließen“ geringer wird und führt dies auf eine größere Dichte mit Volumenverminderung zurück. Diese Tatsache gewinnt dadurch an Bedeutung, daß Schoch (28) in jeder Amalgamfüllung 5-7% Porenvolumen feststellen konnte. Dieses Resultat führt auch Loebich (12) zu der Schlußfolgerung, daß das „Fließen“ aus drei Stauchungsteilbeträgen besteht:

1. Aus dem Wegpressen des Rest-Hg's,
2. dem plastischen Fließen des harten Amalgams und der
3. Verdichtung desselben durch Abnahme des spezifischen Volumens.

„Es wird also bei der Prüfung auf „Flow“ nicht nur die dem Material inne-wohnende Fließkraft, sondern auch die beim Stopfen des Amalgams hineingebrachte mehr oder weniger große Undichtigkeit erfaßt.“ Loebl (12) hält daher die Flowmessung als Grundlage für die Standardisierung von Amalgamfüllungen für wenig geeignet.

Dimensionsverhalten der Amalgame.

Es ist bekannt, daß Amalgame Dimensionsänderungen durchmachen. Da sie aber einen wesentlichen Einfluß auf die Güte des Randverschlusses haben, geben sie immer wieder Anlaß zu neuen Untersuchungen. Um einen exakten Randschluß zu bekommen, sind sich die Autoren im wesentlichen darüber einig, daß das Amalgam während der Erhärtung eine geringe Expansion ausführen muß. Dieser Zusammenhang erscheint so einleuchtend, daß er nie bezweifelt worden ist. Nach den Bestimmungen der American Dental Association soll die Expansion zwischen 3-13 my/cm liegen. Würde eine Kontraktion eintreten, wäre die Gefahr eines ungenügenden Randschlusses gegeben. Andererseits ist bei zu großer Expansion die Gefahr eines Frakturierens dünner Schmelzwände gegeben.

Bei zu geringer Dicke des Pulpendaches ist mit einem zu starken Druck auf die Pulpa zu rechnen, oder aber es erfolgt ein Überquellen des Amalgams über die Kavitätenränder.

Nach Rebel (10) laufen die Volumenänderungen allgemein gesehen in drei Stufen ab: „Der anfänglichen Kontraktion, die relativ schnell abläuft, folgt eine langsamere Expansion, welche von einer ebenfalls langsamen Kontraktion abgelöst wird.“ Die erste Kontraktion soll dabei die Folge des Enddiffundierens des Hg's in die Ag_3Sn Feilung und deren Auflösung sein. Die nunmehr sich bildenden Kristallite aus Ag-Hg, die nach älterer Auffassung aus der Verbindung Ag_3Hg_4 entstehen, führen zur Ausdehnung. Das letzte Stadium der Abbindung führt wieder zur Kontraktion, durch Bildung von Sn-Hg Mischkristallen.

Die das Volumen bestimmenden Faktoren sind nach Rebel (10):

1. Höhe der Hg-Menge,
2. Größe der Silber-Zinn-Körper,
3. Länge der Mischungszeit,
4. Dauer der Füllzeit,
5. Höhe des Verarbeitungsdruckes.

Bei genauer Einhaltung dieser Faktoren sollte ein einwandfreier Randschluß möglich sein. Wie schwer es aber ist, zeigen die Resultate. Der Einfluß des Quecksilbers wird eingehend auf Seite 8 beschrieben. Zur Teilchen-

größe, worüber auch schon berichtet wurde, ist noch zu sagen, daß durch die verschiedene Größe der Teilchen Unterschiede in der Expansion bis zu 10 my/cm entstehen können und zwar in dem Sinne, daß feinere Teilchen eine geringere Expansion (größere Kontraktion), größere Teilchen eine größere Expansion (geringere Kontraktion) bedingen (Ilg 6).

Eine verlängerte Anmischzeit würde (Ilg 6) ein weniger expandierendes Amalgam erzeugen.

Bonsack (21) fordert mit 60-75 Sekunden auszukommen, da bei der vorgeschriebenen Anmischzeit von 3 Minuten schon die Gefahr einer Kontraktion der Füllung bestehen könnte.

Einen hohen Stopfdruck fordert Ilg (6) allein schon aus Expansionsgründen. Hierdurch kann, wenn auch nur geringfügig, die Ausdehnung des erhärteten Amalgams vergrößert werden.

In Bezug auf das Dimensionsverhalten in mechanischen Schüttelgeräten konnte Schulte (15) die besten Ergebnisse durch Trituration mit dem Amalgamator und dem mechanischen Kondensieren erzielen. Dies wurde erreicht bei einer Mischzeit von 13 Sekunden im Baker-Amalgamator und dem Broikhuizenhammer. Dabei betrug die größte Schwankung vom Anmischen bis zur Abbinding 3,2 my/cm.

Was das Dimensionsverhalten in Abhängigkeit von der Stopftechnik betrifft, konnte Weikert (29) mit einem Stopfer, der die Kondensation gleichzeitig von der Mitte und vom Rande her ermöglichte, bei gleichzeitiger Entfernung des Quecksilbers die besten Ergebnisse im Volumenverhalten erzielen. Er empfiehlt Paraboloidstopfer, die der Größe der Kavität entsprechen. Sperber (30) konnte bei den gleichen Untersuchungen für die 67%igen Amalgame nur geringe Veränderungen feststellen, während sich bei den 50%igen Silberamalgame deutliche Unterschiede zeigten. Er kommt zu der Schlußfolgerung, daß, je geringer die Oberfläche des Instrumentes, umso größer die Endkontraktion ist. Es fehlt aber auch nicht an Stimmen, die dem Dimensionsverhalten keine so wesentliche Bedeutung für den Randschluß zumessen.

Durch erfolgreiche Untersuchungen von Mc. Donald und R.W. Phillips (19) mit stark kontrahierendem Amalgam von 30 my/cm sowie Kleinmann (31) mit stark expandierendem Amalgam kommt Lacroix (3) zu der Folgerung, daß man der Expansion wie Kontraktion nicht allzu große Bedeutung beizumessen braucht. Fischer (32) bezweifelt ebenfalls die Abhängigkeit der Volumenänderungen von einem dauerhaften Randschluß, verlangt jedoch die Dimensionsmessungen wie auch die Flowuntersuchungen weiter fortzusetzen um die Erkenntnisse hierüber zu erweitern.

Aus der Fülle der aufgezeigten Faktoren und Ansichten ersieht man, wie kompliziert das Amalgam in seiner Zusammensetzung und Verarbeitung ist. Man könnte geneigt sein, zu bezweifeln, ob es überhaupt möglich sein wird, einmal zu klaren Ergebnissen zu gelangen.

Experimenteller Teil

Einleitung

Freitag (34) hat nachgeprüft, ob er mit einem 67%igen Amalgam, das der ADA-Spezifikation im Bezug auf die Expansion entsprach, in jedem Fall einen dichten Randschluß erhielt. Dies war bei einer bestimmten optimalen Stopftechnik nicht der Fall; nur 65% der Füllungen erwiesen sich als dicht. Bei 35% der mit Amalgampfropfen verschlossenen Glasröhrchen dagegen war zwischen Glaswand und Amalgam ein Spalt, durch den die zur Prüfung verwandte Druckluft bei weniger als 0,4 atü in Form von Luftblasen austrat.

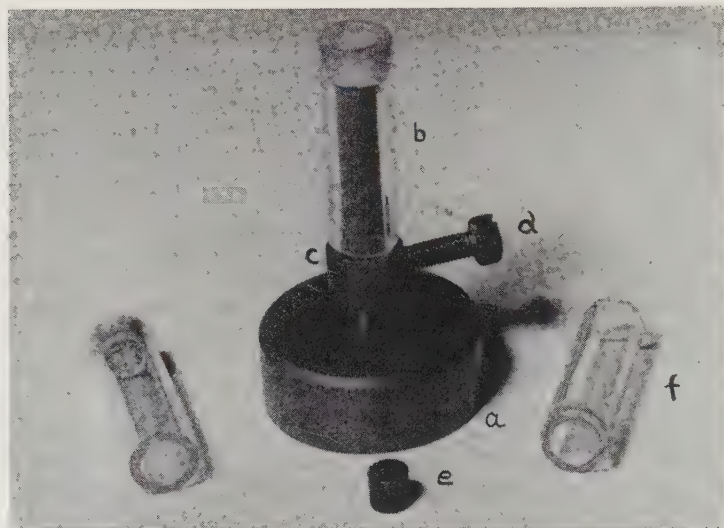
Meine Untersuchungen sollten zunächst prüfen, ob die Freitag'sche Stopftechnik sich auf ein anderes, der ADA-Spezifikation entsprechendes Amalgam, nämlich das DEGUSSA „Standalloy“, anwenden läßt und mit welchem Randschluß bei „Standalloy“ zu rechnen ist. Zu diesem Zweck sind zu Beginn die Freitag'schen Versuche mit demselben Amalgam (DEGUSSA N-Amalgam 670) reproduziert worden. Es ergab sich, daß dies mit einem etwas schlechteren Ergebnis möglich war; 50% meiner N-amalgamfüllungen hatten einen guten Randschluß. Danach wurden die Hauptversuchsreihen durchgeführt; in deren Verlauf wurde die Freitag'sche Stopftechnik, mit geringfügigen Änderungen, als Grundlage verwandt. Über deren Handhabung und erzielte Erfolge wird im Nachfolgenden noch ausführlich berichtet.

Die Herstellung der Phantomkavität.

Um die zu untersuchende Phantomfüllung herstellen zu können, mußte zunächst einmal eine Phantomkavität geschaffen werden. Zu diesem Zweck wurden eine Amalgamstopfunterlage und ein Glasröhrchen benutzt. — Die Amalgamstopfunterlage besteht aus einem Metallsockel (a), in dem ein Metallstab (b) von 4,5 cm Länge und einem ϕ von 4,5 mm fest eingelassen ist. Auf diesem wiederum gleitet zwanglos ein Metallring (c) mit einer Stellschraube (d). Dadurch kann der Metallring in jeder beliebigen Höhe festgestellt werden und dient zugleich als Widerlager für das aufzuschiebende Glasröhrchen. Hinzu kam noch eine Matrice (e) mit dem gleichen ϕ des Metallstabes und einer Höhe von 4 mm. Das Glasröhrchen (f) selbst hatte einen ϕ von 5 mm und eine Länge von ungefähr 25 mm. Nachdem nun das Glasröhrchen über den Metallstab geschoben, und die Matrice in die obere Öffnung des Röhrchens gelegt worden war, wurde der Metallring so weit verschoben, daß Matrizenoberfläche und Glasröhrchenoberfläche

eine Ebene bildeten. In dieser Höhe wurde die Stellschraube angezogen und die Matrize herausgenommen. So erhielten wir eine zentrale Phantomkavität von 4 mm Höhe und einen $\varnothing$ von 5 mm.

Auf diesem Wege erhielten wir immer Phantomkavitäten von gleicher Größe.



Die Amalgamstopfunterlage

Die Zubereitung von Standalloy:

Zum Füllen der Phantomkavitäten wurde das 68%ige Silberamalgam der DEGUSSA „Standalloy“ verwendet. Das Mischungsverhältnis betrug 5 Gewichtsteile DEGUSSA „Standalloy“ zu 4,85 Gewichtsteilen Quecksilber. Das Amalgamgemisch wurde durch die betreffende Einstellung am DEGUSSA-Dosator hergestellt. Zur Kontrolle wurde es in gewissen Abständen mit der „Satorius-Selekta-Waage“ nachgeprüft. Mengenmäßig wurden für eine Füllung 870 mg „Standalloy“ und 815 mg Quecksilber verwendet. Um das mengenmäßige Gewichtsverhältnis zu erhalten, wurde der Schieber des Dosators dreimal betätigt. Dabei wurde vor jedem Eindrücken des Schiebers der Dosator einmal um 360 Grad gedreht und einmal mit der flachen Hand gegen die rechte Seitenwand des Dosators geklopft. Damit sollte die Möglichkeit einer Entmischung der Legierungsteilchen verhindert werden. Bei jedem Eindrücken des Schiebers, der langsam bis zum Anschlag geführt wurde, fiel eine Portion des Mischungsverhältnisses Amalgam-Quecksilber in den darunterstehenden Mörser. Danach wurde der Schieber langsam in seine Ruhestellung zurückgebracht. Nachdem dies dreimal gesche-

hen war, wurde unverzüglich angerieben und dabei das Pistill sofort unter starkem Druck und schnellen Bewegungen gedreht. Die Benetzung des Feillichtes mit dem Quecksilber trat sehr schnell und leicht ein. Nachdem so die Mischung 25 Sek. gemörsert worden war, wurde sie gleich anschließend in einen Gummifingerling geschüttet, etwa 30 Sek. nachgeknetet und zugleich wurstförmig ausgerollt. Dann wurde sie auf ein bereithabendes Stück Kofferdamm gebracht und in zehn gleiche Teile geteilt. Bei allen Arbeitsgängen wurde das Amalgam nie mit der Hand berührt. In seiner Konsistenz war es etwas trockner als gewöhnlich, ließ sich aber sehr gut verarbeiten. Nach jeder Mischung wurde der Mörser von Amalgamresten gereinigt, um nicht die Nachfolgende durch eingetrocknete Reste zu verunreinigen.



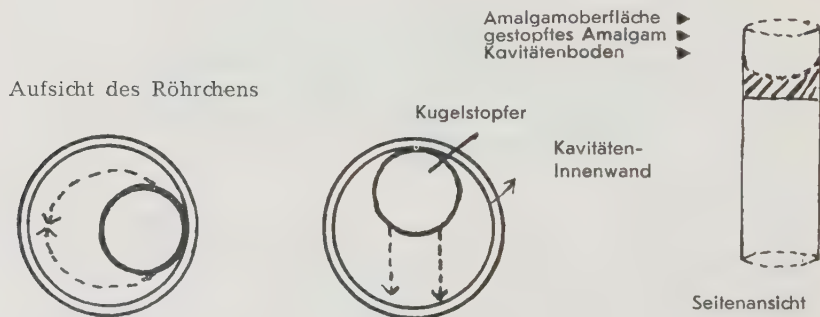
Der DEGUSSA-Dosator

Die Stopftechnik:

Sogleich nach dem Anmischen wurde das Amalgam in die schon vorbereitete Kavität gestopft. Dazu verwendete man einen angerauchten Amalgamträger ($\varnothing$ 2,5 mm) und einen Kugelstopfer ($\varnothing$ 2,8 mm). Jede einzelne Portion wurde mit dem Amalgamträger in die Kavität eingebracht und mit dem größtmöglichen Druck, dessen die Hand fähig ist, zusammengepreßt.

Anschließend wurde mit dem Kugelstopfer so kräftig als möglich kondensiert, wobei das Augenmerk besonders auf die Randpartien gerichtet war. Bei den ersten beiden Portionen wurde das beim Stopfen ausgepreßte Quecksilber in der Kavität belassen, und von der dritten Portion an mit dem Kugelstopfer in einem besonderen Arbeitsgang entfernt. Dazu wurde der Kugelstopfer an der rechten Innenwand der vorderen Röhrchenhälfte fest auf das Amalgam aufgesetzt und von rechts nach links, entlang der vorderen Röhrcheninnenwand, kräftig über die Amalgamoberfläche rotiert. Vor dem sich vorwärts bewegenden Kugelstopfer bildete sich eine Bugwelle von quecksilberreichem Amalgam. Nachdem so die vordere Hälfte des Röhrchens durchlaufen war, wurde dieses mit dem Kugelstopfer herausgehoben. Mit der hinteren Röhrchenhälfte wurde in der gleichen Weise verfahren. Anschließend wurde der Kugelstopfer zwei bis dreimal von der hinteren Röhrchenwand durch die Mitte des Röhrchens zur vorderen Röhrchenwand geführt. Danach besaß die Amalgamoberfläche ein glattes, mattglänzendes, konkavgewölbtes Aussehen. Die folgenden Portionen wurden in der gleichen Weise verarbeitet, bis die Kavität etwas übervoll gestopft war. Mit einem Stückchen Kofferdamm und unter kräftigem Daumendruck wurde das Amalgam in die Kavität gepreßt. Dabei wurde das Quecksilber in Form von kleinen Kügelchen frei, die entfernt wurden. Mit dem Rest des noch vorhandenen Amalgams wurde die Füllung kuppelförmig übergebaut und nochmals mit Kofferdamm und starkem Daumendruck mit rotierenden Bewegungen auf die Füllung gepreßt. Der Überschuß wurde mit einer Rasierklinge entfernt. Während des ganzen Stopfvorganges wurde das Amalgam nie mit der Hand berührt. Die Stopfdauer betrug im Durchschnitt 10 Minuten. Nach dem Stopfen wurde die fertige Füllung sogleich in ein Wasserbad gelegt und dort aufbewahrt. Dabei ist unter Wasserbad zu verstehen, daß das Röhrchen trocken in ein Glasgefäß gelegt wurde, welches seinerseits wieder in einem größeren, mit Wasser gefülltem Glasgefäß stand, so daß die Phantomfüllungen allseits von Wasser umgeben waren. Diese Aufbewahrung der Phantomfüllungen weicht wohl am meisten von den mundähnlichen Bedingungen ab, läßt sich aber nicht vermeiden.

Darstellung des Rotierens beim Stopfvorgang:



Die Pfeile geben die Zugrichtung des Kugelstopfers an

Die Versuchsanordnung:

Um die Phantomfüllungen auf ihre Randschlußdichtigkeit zu prüfen, wurde ein Tonometer von Recklinghausen (a) und ein Wasserbehälter (b) benötigt. Das Tonometer bestand aus einem Druckerzeuger (c) an dem ein Ventil (d) angebracht war. Durch dieses konnte der vorgelegte Luftdruck festgehalten oder durch langsames Öffnen abgelassen werden. Durch ein T-Stück war das eine Schlauchende mit dem Tonometer verbunden, während in das andere freie Ende das Versuchsrohrchen gesteckt wurde und zum Wasserbehälter führte. Auf dem Tonometer war eine Skala mit einem Zeiger angebracht, der den maximalen Luftdruck bis zu 400 cm Wassersäule anzeigte. Durch Betätigung des Druckerzeugers konnte der Druck sehr genau abgestuft und der vorhandene Luftdruck, bei welchem die Füllung dicht war, auf der Skala leicht und genau abgelesen werden.



Die Versuchsanordnung

Die Blasendruckmethode:

Diese Methode der Untersuchung von Phantomfüllungen auf ihren Randschluß, wurde von Knappwost (35) entwickelt. Sie beruht darauf, daß auf eine Phantomfüllung ein bestimmter Luftdruck ausgeübt wird. Sollte nun zwischen gelegter Füllung und Kavitätenwand eine Spaltbildung entstanden sein, so wird sich die Luft durch diesen Spalt pressen. Da jedoch die zu untersuchende Phantomfüllung sich unter Wasser befindet, wird die durchgepreßte Luft in Form von kleinen Luftblasen in Erscheinung treten.

welche dann bei einem bestimmten Druck von dem unteren Rand der kapillaren Spaltbildung abreißen. Dabei steht der aufzuwendende Druck in direkter Beziehung zur Spaltbreite. Entscheidend ist dabei nun der Druck, der beim Abriß der Blase gemessen wurde, da dieser Wert zur Berechnung des Füllungsrandspaltes notwendig ist. Nach Knappwost (35) gilt hierfür die Formel:

$$d = \frac{2a}{P_b}$$

Dabei ist „d“ die kapillare Spaltweite, „a“ die Oberflächenspannung des Wassers und „P_b“ der gemessene Blasenabreißdruck.

Nach Knappwost (35) beträgt nun die Oberflächenspannung des Wassers bei 18 Grad C. $a = 73 \text{ Dyn/cm} = 0,0744 \text{ pd/cm}$, (1 pd = 1 pond = 1 gr-Kraft).

Danach würde die entwickelte Formel unter Berücksichtigung des in der Arbeit angewendeten max. Luftdruckes von 400 cm/WS lauten:

$$d = \frac{0,1488 \text{ gr Kraft / cm}}{400 \text{ gr Kraft cm}} = 3,72 \text{ my}$$

Bei einem Blasenabreißdruck von 400 cm/WS würde also eine kapillare Spaltöffnung von 3,72 my bestehen.

Verlauf der Messungen:

Nach einer Wartezeit von 24 Stunden wurden die hergestellten Phantomfüllungen auf ihren Randschluß geprüft. Während der ganzen Versuchsreihen lag die Wasserbadtemperatur zwischen 18,5 und 21 Grad C. Die Temperaturschwankungen in der Mundhöhle sind wahrscheinlich größer. Auf die Einhaltung der Körpertemperatur aller Medien wurde wie bei Freytag (34) verzichtet. Alle Arbeiten wurden bei Raumtemperaturen durchgeführt, die während der ganzen Versuchszeit zwischen 20 und 23 Grad C. lag. Die zu untersuchende Phantomfüllung wurde nun in das freie Ende des Gummischlauches eingeführt und mit dem Druckerzeuger ein Luftdruck von 400 cm/WS vorgelegt. Dabei war das Ventil fest verschlossen, so daß keine Luft entweichen konnte. Erst jetzt wurde das Röhrchen in das Wasser getaucht, um ein vorzeitiges Eindringen des Wassers in die Füllung zu verhindern, das sonst zu einem automatischen Verschluß führen kann. Auf diese Tatsache kommen wir später noch zu sprechen. Die Füllung wurde so weit unter Wasser getaucht, daß man genau beobachten konnte, wo zwischen Amalgamfüllung und Kavitätenwand Luftblasen in Erscheinung traten. Der Abstand betrug dabei zwischen oberem Füllungsrand — Wasseroberfläche nie mehr als 1 cm. Damit brauchte der vom Wasser ausgeübte Gegendruck auf die Füllung nicht mit einkalkuliert werden. Zeigten sich nach dem Untertauchen keine Luftblasen zwischen Füllung und Kavitätenwand, so wurde dieser Druck von 400 cm/WS für die Zeit

von 5 Minuten aufrechterhalten. Erwies sich die Füllung gegenüber dieser Belastung als dicht, so wurde dieser Wert notiert. Falls jedoch nach dem Untertauchen sofort oder während der Belastungsdauer Luftblasen einzeln oder in größerer Anzahl auftraten, wurde der Druck durch Öffnen des Ventils so weit verringert, bis sich keine Luftblasen am Füllungsrandspalt mehr zeigten. Dieser Druck wurde abermals für 5 Minuten aufrechterhalten. Zeigten sich während dieser Zeit keine Luftblasen, wurde dieser Wert ebenfalls abgelesen und notiert. Dieser Wert war also der größtmögliche Druck, dem gegenüber die Füllung dicht war. Nachdem das Röhrchen so auf seine Randschlußdichtigkeit untersucht worden war, wurde es dem Wasserbehälter entnommen, vom Gummischlauch gelöst, abgetrocknet und im Wasserbad bei bekannter Raumtemperatur aufbewahrt. Nach einer Lagerdauer von 5 Tagen wurden die geprüften Röhrchen nochmals dem Wasserbad entnommen und in der gleichen Weise überprüft. Die bei dieser Nachkontrolle erhaltenen Werte wurden ebenfalls notiert und als Endwerte eingetragen.

Die Stopfversuche mit dem Amalgam „N 670“.

Zunächst war festzustellen, ob die Versuchsperson die Werte von Freytag (34) (67% aller Füllungen waren auf Anhieb dicht, 85% nach einer Erhärtungszeit von 5 Tagen) reproduzieren konnte. Dabei wurde das Mischungsverhältnis (5:6 Hg) sowie das mengenmäßige Gewichtsverhältnis für eine Füllung (880 mg. Feilung und 1060 mg Hg) eingehalten. Die Feilung wurde jedesmal mit der „Sartorius-Selekta-Waage“ ausgewogen, das Quecksilber dem Dosator entnommen. In der Zubereitung, Stopftechnik sowie in der Stopfzeit (8 Min.) wurden die Angaben von Freytag (34) soweit als möglich eingehalten. Die Benetzung des Feilichtes mit dem Quecksilber ging langsam und schwierig, wie das für die 67%igen Amalgamfeilungen kennzeichnend ist, vor sich. Bis zur Füllungsreife wurden 50 Sek. gemörsert. Im Anfang, solange die Feilung noch nicht benetzt war und das Quecksilber an den Feilungsteilchen haftete, konnte nicht mit vollem Druck gemörsert werden. Nach dem Benetzen wurde wie angegeben mit starkem Druck bis zur Füllungsreife gemörsert. Anschließend wurde die Mischung im Gummifingerling nachgeknetet. Das zubereitete Amalgam war „etwas feuchter“ als es bei anderen Amalgamsorten der Fall ist. Auf diese Weise wurden 20 Phantomfüllungen gestopft. Von diesen Füllungen waren nach 24 Stunden 10 (= 50%) bei einem maximalen Druck von 400 cm/WS auf Anhieb dicht. Die übrigen 10 Füllungen lagen in ihrer Dichte über den ganzen Druckbereich verteilt. Eine Füllung (= 5%) hielt einen Druck von mehr als 200 cm/WS aus, die übrigen 9 Füllungen waren teilweise wesentlich undichter. Die Nachkontrolle nach 5 Tagen ergab, daß weitere 4 Füllungen bei einem Druck von 400 cm/WS dicht geworden waren, während bei einer Füllung die Dichtigkeit etwas anstieg. Danach waren nach 5 Tagen 14 Füllungen (= 70%) bei einem Druck von 400 cm/WS dicht, während 6 Füllungen (= 30%) undicht waren. Es war also nicht möglich, das Ergebnis völlig zu reproduzieren. Dazu ist zu bemerken, daß

trotz des Versuches, die Anordnung Freytag (34) genau einzuhalten, die Möglichkeit besteht, daß etwas anders gestopft bzw. schon in der Zubereitung etwas anders vorgegangen worden ist. In dem Unterschied der beiden Prozentzahlen (50 bzw. 65% auf Anrieb dicht; 70 bzw. 85% nach 5 Tagen dicht) drückt sich wohl die Verschiedenheit der Arbeitsweise der zwei Versuchspersonen aus. Außerdem wurden diese Werte an Hand eines viel kleineren Materials erzielt. Die undichten Füllungen sind auf Tafel I zusammengestellt.

Die Stopfversuche mit „Standalloy“.

Nach Erhalt des vorstehenden Ergebnisses, wurden auf die vorher beschriebene Art 100 Füllungen mit dem Amalgam „Standalloy“ zubereitet, gestopft, finiert und überprüft. Da die Wasserbad- wie auch Raumtemperatur nur geringen Schwankungen unterworfen, und auch die Versuchsperson bemüht war, die vorher beschriebene Arbeitsweise so weit als möglich einzuhalten, kann damit gerechnet werden, daß alle Füllungen unter den gleichen Bedingungen hergestellt wurden und erhärteten. Während eines Arbeitstages wurden nicht mehr als 17 Probekavitäten gestopft. Von diesen 100 Füllungen, waren nach der ersten Messung, also nach 24 Stunden, 92 Phantomfüllungen (= 92%) gegenüber dem maximalen Druck von 400 cm/WS dicht. Die übrigen 8 Probefüllungen lagen in ihrer Dichtigkeit über den ganzen Druckbereich verteilt. Bei 6 dieser Füllungen (= 6%) lag der Druck über 200 cm/WS. Nur bei 2 Röhrchen (= 2%) war er niedriger. Dieses Ergebnis änderte sich bei der Nachkontrolle nach 5 Tagen nur unwesentlich. Nur in 2 Fällen zeigte sich bei den 8 undichten Röhrchen eine Verbesserung in der Dichte. Eine völlige Dichtigkeit wurde dabei nicht erreicht. Die 92 Füllungen, die bei der 1. Messung gegen einen Luftdruck von 400 cm/WS dicht waren, blieben auch nach dieser Zeit dicht. Um feststellen zu können, ob in der Herstellung von „Standalloy“ ein Unterschied in der Güte des Materials bestand, wurde noch ein anderer Produktionsposten untersucht. Dazu wurden 20 Röhrchen in der gleichen beschriebenen Weise zubereitet, gestopft, finiert und nachkontrolliert. Es stellte sich aber heraus, daß zwischen den einzelnen Produktionsposten kein wesentlicher Unterschied bestand. Von den 20 gestopften Probefüllungen waren nach Ablauf von 24 Stunden 18 Röhrchen (= 90%) gegen den maximalen Luftdruck von 400 cm/WS dicht. Bei 2 Füllungen lag der Blasenabreißdruck über 200 cm/WS (= 10%). An diesem Ergebnis änderte sich nach 5 Tagen nichts mehr. Ein Nachreifung in dem Sinne wie sie Freytag (34) beschrieb, konnte also bei „Standalloy“ nicht festgestellt werden.

Können nun diese 8% bzw. 10% undichter Füllungen auf irgendeine Weise ausgeschaltet werden? Diese Frage ist wohl dahingehend zu beantworten, daß immer einmal die Möglichkeit besteht, daß ein „Ausreißer“ vorkommen kann. Die verschiedenen Komponenten, wie Zusammensetzung des Feilichts (Körnchengröße), Anmischen, Stopftechnik, hier vor allen Dingen die Art des Kondensierens, bergen so viele Möglichkeiten in sich, daß sich unbewußt eine Fehlerquelle mit einschleichen kann. Es wird deshalb trotz

aller Bemühungen, jede Füllung unter den gleichen Bedingungen herzustellen, nicht zu vermeiden sein, daß einmal eine Füllung einen defekten Randschluß besitzt. Es wurden weiterhin die gleichen Untersuchungen, wie sie Freytag (34) angestellt hat, nämlich ob vielleicht am Ende eines Arbeitstages durch Ermüdung der Hand und einem damit verbundenen geringeren Stopfdruck bzw. ungenügender Kondensation diese „Ausreißer“ verursacht werden können. Es konnte jedoch auch die Möglichkeit bestehen, daß zu Beginn der Versuchsreihe die Technik noch nicht so beherrscht wurde wie gegen Ende. Es zeigten sich aber in dieser Hinsicht keine Anhaltspunkte. So ist damit zu rechnen, daß bei der beschriebenen Stopftechnik in 8—10% der Fälle eine Undichtigkeit der Füllungen mit einbezogen werden muß, die aber wohl mehr auf das Konto einer menschlichen Unzulänglichkeit als auf eine Fehlerquelle im Material zurückzuführen ist. Die Frage, ob die hier angewandte Stopftechnik auch am Patienten durchzuführen ist, kann man wohl grundsätzlich bejahen. Nur in den Fällen, wo das Pulpdach sehr dünn ist und bei entzündlich veränderten Parodontien dürfte ihr Anwendungsbereich eingeschränkt sein. Über ihre Anwendung bei Approximalkavitäten unter Verwendung verschiedener Matrizen wird später noch berichtet.

Bei der makroskopischen Betrachtung der Füllungen konnte man in vielen Fällen an der Struktur der Füllungen feststellen, ob die Füllung gut kondensiert und damit einen guten Randschluß aufwies oder aber in ihrer Struktur uneinheitlich war und später einen defekten Randschluß zeigen würde. Bei guter Kondensation hatte die Füllung ein glattes, mattglänzendes homogenes, bei schlechter Kondensation hatte sie ein körniges und teilweise rissiges Aussehen. Einige Strukturaufnahmen sind auf Tafel V und VI abgebildet. Nun sind die Füllungen im Mund immer der Einwirkung des Speichels ausgesetzt. Bei der bekannten unvollkommenen Beständigkeit des erhärteten Amalgams gegen die Mundflüssigkeit kann erwartet werden, daß sich in dem Spalt zwischen Amalgam und Kavitätenwand eine oberflächliche Korrosion des Amalgams vollzieht. Ob dies bei den hier untersuchten Glasröhrchen mit Amalgam verschlossen eintritt, ist untersucht worden, indem die frisch abgefüllten Röhrchen nicht trocken, sondern in Wasser von 20° C. gelagert wurden. Hundert derartig geprüfte mit Standalloy verschlossene Röhrchen waren nach 24 Stunden sämtlich dicht. Eine Dauerbelastung von 5 Minuten bei einem Druck von 400 cm/Wassersäule war nicht in der Lage, den eventuellen Randspalt von dem eingedrungenen Wasserfilm zu befreien und Luftblasen hindurchzupressen. Ob der Speichel, durch den ja die Füllung am Patienten in einem „feuchten Milieu“ liegt, einen automatischen Verschuß bilden kann, vor allem in dem Sinne, daß keine Bakterien durchwandern können, dürfte wohl angezweifelt werden. (Die Zahlenwerte der undichten Füllungen sind in Tafel II wiedergegeben.)

Die Stopfversuche mit dem Kavo-Hammer.

In einer weiteren Versuchsreihe soll nun festgestellt werden, ob durch den Gebrauch des „Kavo-Hammers“ anstatt der stopfenden Hand die Rand-

schlußdichtigkeit mit „Standalloy“ verbessert werden konnte. In der Arbeitsweise wurde dabei wie folgt verfahren:

Die Zubereitung des Amalgams ging dabei wie auf Seite 16 vor sich. Nachdem die Amalgamwurst wie üblich in zehn gleiche Teile geteilt worden war, wurde nun jede Portion mit dem Amalgamträger (ϕ 2,5 mm) in die Kavität eingebracht und leicht angedrückt. Nun wurde der „Kavo-Hammer“, der einen ϕ von 1,7 mm hatte, leicht und senkrecht auf die Amalgamoberfläche gesetzt und mit kleiner Tourenzahl intensiv gehämmert und kondensiert. Eine höhere Tourenzahl zu nehmen war nicht angezeigt, da sonst die Erschütterungen zu groß waren. Dabei wurde zunächst der „Kavo-Hammer“ der Kavitäteninnenwand entlanggeführt. Hierbei schob sich quecksilberreiches Amalgam am „Kavo-Hammer“ hoch, welches sogleich entfernt wurde. Danach wurde der Hammer zum Zentrum der Kavität geführt, wodurch sich Quecksilber an die Kavitäteninnenwände preßte. Durch abermaliges Bewegen des Hammers entlang der Innenwand stieg dieses ebenfalls am „Kavo-Hammer“ hoch und wurde entfernt. So entstand an sich ein gut kondensiertes Amalgam mit einer glatten Oberfläche. In dieser Weise sind auch alle übrigen Portionen gehämmert und kondensiert worden. Bei den beiden ersten Portionen wurde das Hg in der Kavität belassen. Der Rest des Amalgams wurde kuppelförmig übergebaut und nochmals intensiv mit dem „Kavo-Hammer“ kondensiert. Ein Teil des Überschusses preßte sich dabei zur Seite und wurde entfernt. Der Rest mit einer Rasierklinge beseitigt. Die Stopfzeit betrug durchschnittlich 10—11 Minuten. In dieser Weise wurden 20 Füllungen hergestellt. Von diesen waren nach 24 Stunden 15 Füllungen (= 75%) gegenüber dem maximalen Druck von 400 cm/WS dicht. Fünf Füllungen (= 25%) waren undicht. Vier von diesen fünf Füllungen hielten einen Druck von mehr als 200 cm/WS aus, während eine Füllung in ihrer Dichtigkeit unter 100 cm/WS lag. An diesen Werten änderte sich bei der Endkontrolle nach 5 Tagen nichts mehr.

Bei den mit dem „Kavo-Hammer“ kondensierten Füllungen liegt also die Erfolgsziffer deutlich unter derjenigen der handgestopften Röhrchen. Der Unterschied mag wohl dadurch zustandekommen, daß man mit dem „Kavo-Hammer“ zwangsläufig nur in der vertikalen Richtung gegen den Boden und nicht, wie bei der Handkondensation, auch in der horizontalen Richtung gegen die Wand stopfen kann. Ein weiterer möglicher Nachteil sind die beim Hämmern auftretenden Erschütterungen, die sich bei hoher Tourenzahl stark bemerkbar machen. Außerdem dürfte eine Anwendung in den Fällen kontraindiziert sein, bei denen nur noch ein dünnes Pulpdach vorhanden ist, da ja durch die Erschütterungen immerhin die Gefahr besteht, daß das Pulpdach durchschlagen wird bzw. die Pulpa Schaden leidet. Die Füllungen mit unbefriedigendem Randschluß sind in Tafel I aufgeführt.

Tafel I

Zusammenfassung der Füllungen, die beim Stopfen zentraler Kavitäten mit „N 670“ undicht waren und deren Randschluß sich bei der Nachkontrolle änderte.

Lfd. Nr.	cm/WS nach 24 Stunden	Nachkontrolle nach 120 Stunden
101	110	110
102	90	400
106	100	100
107	160	160
110	80	95
111	70	400
112	185	400
113	235	400
114	180	180
119	65	65

Gestopft wurden: 20 Phantomfüllungen
 davon dicht: 14 Phantomfüllungen = 70%
 davon undicht: 6 Phantomfüllungen = 30%

Zusammenfassung der Füllungen, die beim Stopfen zentraler Kavitäten mit „Standalloy“ unter Verwendung des „Kavo-Hammers“ undicht waren.

Lfd. Nr.	cm/WS nach 24 Stunden	Nachkontrolle nach 120 Stunden
145	280	280
146	320	320
152	215	215
153	75	75
157	365	365

Gestopft wurden: 20 Phantomfüllungen
 davon dicht: 15 Phantomfüllungen = 75%
 davon undicht: 5 Phantomfüllungen = 25%

Tafel II

Zusammenfassung der Füllungen, die beim Stopfen zentraler Kavitäten mit „Standalloy“ undicht waren und deren Randschluß sich bei der Nachkontrolle änderte.

I. Produktionsposten:

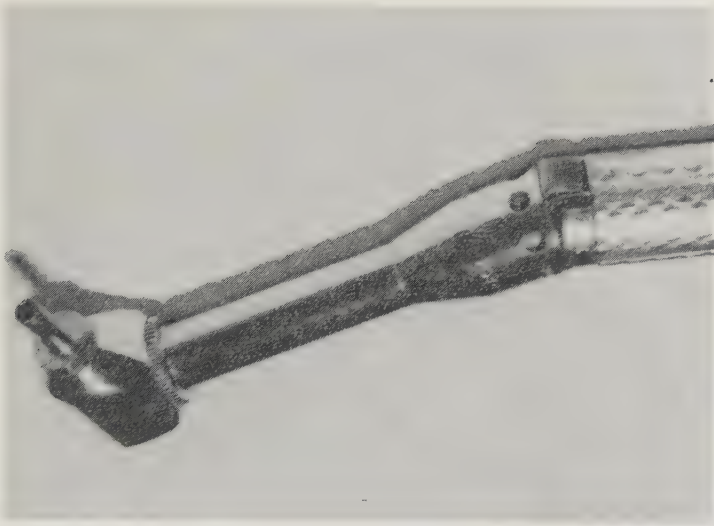
Lfd. Nr.	cm/WS	Nachkontrolle
	nach 24 Stunden	nach 120 Stunden
9	210	210
16	100	180
31	225	225
59	350	350
65	270	270
75	95	95
84	240	240
96	290	340

Gestopft wurden: 100 Phantomfüllungen
 davon dicht: 92 Phantomfüllungen = 92%
 davon undicht: 8 Phantomfüllungen = 8%

II. Produktionsposten:

Lfd. Nr.	cm/WS	Nachkontrolle
	nach 24 Stunden	nach 120 Stunden
121	250	250
128	240	240

Gestopft wurden: 20 Phantomfüllungen
 davon dicht: 18 Phantomfüllungen = 90%
 davon undicht: 2 Phantomfüllungen = 10%



Der Kavo-Hammer

Versuch, die beschriebene Stopftechnik Kollegen zu vermitteln.

Eine noch so gute Stopftechnik ist für die Zahnheilkunde wertlos, wenn sie nicht lehrbar und lernbar ist. Der Lehrende und der Lernende sollten sich durch Messungen vergewissern können, ob und in welchem Umfange die Stopftechnik von dem einen auf den anderen hat übertragen werden können. Freytag (34) hat in dieser Richtung bereits Versuche angestellt. Deshalb wurde untersucht, ob es auch bei Standalloy gelingt, anderen Zahnärzten die zu dichten Füllungen führende Stopftechnik zu vermitteln. Um diesen Versuch durchführen zu können, wurden 10 Kollegen (Zahnärzte und Kandidaten) gebeten, zunächst einige Phantomfüllungen so zu stopfen, wie sie es am Patienten gewöhnt waren. Damit sollte festgestellt werden, inwieweit die Kollegen in der Lage sind, randschlußdichte Füllungen zu legen. Diejenigen Kollegen, die bei diesem Versuch keine dichten Füllungen legten, wurden gebeten, unter meiner Anleitung einige Füllungen zu stopfen, um festzustellen, ob dadurch eine Verbesserung des Ergebnisses erzielt werden konnte. Drei der Kollegen waren durch Freytag (34) schon mit diesem Problem vertraut. Dem überwiegenden Teil jedoch war die Technik unbekannt. Die Zubereitung wurde von mir durchgeführt, um schon hier evtl. auftretende Unterschiede nach Möglichkeit auszuschalten. Es sollte lediglich die Stopftechnik und deren Ergebnis beurteilt werden. Die Kollegen fanden dem Aussehen nach das Amalgam übereinstimmend als etwas trocken, beurteilten es aber in der Verarbeitung als gut. Die Kollegen, die schon bei Freytag (34) Füllungen gelegt hatten, fan-

den das Amalgam „Standalloy“ in der Verarbeitung und in der Erhärtungszeit besser als das „N-Amalgam 670“. Die Stopftechnik der einzelnen Versuchspersonen wich im großen und ganzen doch sehr von der in dieser Arbeit beschriebenen Stopftechnik ab. Es würde jedoch zu weit führen, jede angewandte Stopftechnik an dieser Stelle wiederzugeben. Die wichtigsten Punkte sind in Tafel III in einer Übersicht zusammengefaßt. Die meisten Kollegen kondensierten mit Kugelstopfern ($\varnothing$ 2,8 und 1,8 mm); zwei von ihnen pflegten nur mit dem Amalgamträger zu arbeiten. Größtenteils wurde das Quecksilber belassen. Die Stopfzeiten der einzelnen Versuchspersonen waren sehr unterschiedlich, sie lagen zwischen 3 und 11 Minuten.

Drei der Kollegen konnten in jedem Falle Füllungen legen, die einem Luftdruck von 400 cm/WS standhielten. Bei einem Kollegen lag der Blasenabreißdruck in einer Höhe von 320 cm/WS bei einer Füllung, während die übrigen Füllungen einen Luftdruck von 400 cm/WS aushielten. Es darf in diesem Falle wohl angenommen werden, daß es sich hierbei um einen jener „Ausreißer“ handelt, mit deren Auftreten immer gerechnet werden muß. In den übrigen Fällen, also bei 6 Kollegen, waren alle Röhrchen undicht und der Blasenabreißdruck lag wesentlich unter 400 cm/WS. Es muß betont werden, daß die Undichtigkeit der Füllungen bei diesen Kollegen auf den immerhin ungewohnten Stopfvorgang an Phantomkavitäten bezogen werden kann und keinen Schluß auf das Arbeiten des betreffenden Kollegen am Patienten zuläßt. Über methodische Mängel gaben die Stopfversuche jedoch einige wichtige Aufschlüsse, die ungefähr auf der gleichen Ebene wie die Ergebnisse von Freytag (34) liegen. Alle Kollegen, die mit großem Stopfdruck arbeiteten, intensiv kondensierten und eine gewisse Mindeststopfzeit (ca 7 bis 11 Minuten) aufwendeten, konnten Füllungen mit gutem Randschluß erzielen. Bei den undichten Füllungen lagen die Stopfzeiten zwischen 3 und 6 Minuten; in diesen Fällen war auch die Kondensation unzureichend. Die bei diesen Kollegen unter Anleitung gelegten Füllungen waren bis auf einen Fall, bei dem die Dichtigkeit bei einem Blasenabreißdruck von 300 cm/WS lag, ein voller Erfolg. Die Kollegen, die unter einem ins Auge springenden starken Stopfdruck ihre Füllungen legten, konnten also eine gute Randschlußdichtigkeit erzielen; eine Beobachtung, die auch Freytag (34) machen konnte.

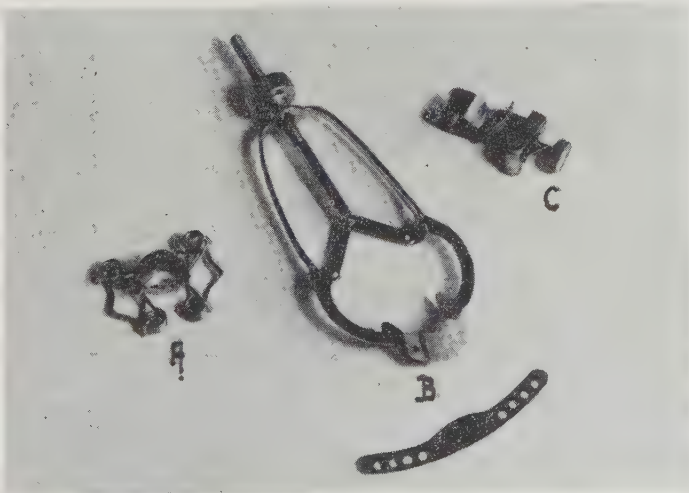
Bei sechs Kollegen, die eine Höchststopfzeit von 6 Minuten erreichten und ungenügend kondensiert hatten, lag der Blasenabreißdruck zwischen 60 und 180 cm/WS. Von diesen Kollegen konnten fünf, die je drei Röhrchen unter Anleitung legten, in jedem Falle die maximale Dichtigkeit von 400 cm/WS erzielen. Nur einer der Kollegen erreichte trotz Anleitung eine Dichtigkeit von 300 cm/WS.

Gerade die Kondensation, wohl eine der wichtigsten Faktoren beim Legen von Füllungen, braucht eine gewisse Zeit. Skinner (36) sagt in Bezug auf die Kondensation: „In der Qualität der Kondensierung scheiden sich die guten von den schlechten Amalgamarbeiter.“ Zwar sind Stopfzeiten von 7—10 Minuten für eine Füllung in der Praxis sehr lang. Aber die Gewißheit, dadurch mit größerer Sicherheit einen guten Randschluß zu erzielen und somit die Zahl der Fälle von sekundärer Caries verringern zu können,

sollte veranlassen, daß das Mehr an Zeit aufgewendet wird. Dem Patienten, der auf die Pflege seiner Zähne großen Wert legt, würde damit ein großer Dienst erwiesen und sollte uns zu einer solchen Therapie verpflichten.

Die Matrizenversuche.

Bei den bisherigen Versuchen wurde immer der Randschluß an zentralen Füllungen untersucht. Sehr oft müssen wir jedoch approximale Kavitäten versorgen. Dabei muß fast ausschließlich mit Matrizen gearbeitet werden, um eine exakte Füllung legen zu können. Nun können diese Matrizen aber gut oder auch schlecht am Zahn anliegen. Aufgabe dieser Versuchsreihe soll es sein, festzustellen, wie sich der Randschluß der Amalgamfüllung beim Anlegen von schlechten und guten Matrizen gestalten läßt. Zu diesem Zweck wurden die gleichen Röhrchen der vorhergehenden Versuchsreihen verwendet. Die mit Amalgam gefüllten Röhrchen wurden für 24—48 Stunden zwecks Auflösung des Amalgams in kalte, konzentrierte Salpetersäure gelegt, damit die Röhrchen für die weiteren Versuchsreihen Verwendung finden konnten. Um eine zweiflächige Kavität zu bekommen, wurde aus dem Glasröhrchen ein Stück von 2 mm Tiefe und 6 mm Breite herausgeschnitten. Der Öffnungswinkel der approximalen Kavität betrug ungefähr 90°, so daß die Kavitätenränder andeutungsweise in der sauberen Zone lagen. Die obere Kavitätenwand lag nur noch 2 mm vom Kavitätenboden entfernt, damit die auf Seite 15 beschriebene Phantomkavität beibehalten werden konnte.



Die verwendeten Matrizen

Matrizenversuch A: schlecht sitzende Matrize

Durch diese Matrize, im Mundzahnbereich richtig angewandt, kann durchaus eine gute Füllung gelegt werden. Für unsere Versuchsreihe aber konnte sie als gutes Beispiel für eine schlecht sitzende Matrize dienen, da sie im Mundzahnbereich nur dort angewendet werden kann, wo noch die entsprechenden Nachbarzähne als Widerlager dienen. Diese Voraussetzung war bei den Phantomfüllungen nicht gegeben. Nach Anlegen der Matrize wurde das Amalgam, wie auf Seite 16 dargelegt, angerieben und unverzüglich gestopft. Dabei wurden die ersten Portionen bis zum oberen Kavitätenrand der Approximalkavität, wie bei der zentralen Füllung beschrieben gestopft. Nun wurde in kleineren Portionen das Amalgam mit Kugelstopfern (ϕ 1,8 und 1,1 mm) in die Kavitätenwinkel einrotiert. An der Matrizenwand wurde jede Portion mit beiden genannten Kugelstopfern länger kondensiert. Es konnte bei weitem nicht der sonst übliche Druck angewandt werden, da die Matrize bei größerem Stopfdruck zu sehr nachgab und zu viel Amalgam durchgestopft wurde. Bei jeder Portion wurde der Vorgang des Rotierens, wie auf Seite 19 erklärt wurde, soweit es die Matrize zuließ, durchgeführt. Im okklusalen Teil der Kavität konnten die einzelnen Portionen eher nach der von der zentralen Füllungstechnik her bekannten Arbeitsweise verarbeitet werden. Jedoch lag auch hier der Stopfdruck niedriger. Ein Überbauen mit Ausspressen des Quecksilbers durch Daumendruck war mit Rücksicht auf die Matrize nicht möglich, zumal die Gefahr bestand, daß die Amalgamkanten abbrechen. Übergestopftes Amalgam wurde mit einem Wattebausch entfernt. Die fertigen Füllungen wurden ebenfalls im Wasserbad aufbewahrt.

Mit dieser Matrize wurden 25 Füllungen zubereitet, gestopft, finiert und nachgeprüft. Bei der Kontrolle nach 24 Stunden zeigte sich, daß sämtliche Füllungen undicht waren. An diesem Ergebnis änderte sich auch bei der Kontrolle nach 5 Tagen nicht mehr viel. Zwar waren einige Füllungen dichter geworden, aber keine Füllung hielt den maximalen Luftdruck von 400 cm/WS aus. In den meisten Fällen lag der Blasenabreißdruck unter 100 cm/WS. Die einzelnen Zahlenwerte sind in Tafel IV wiedergegeben.

Matrizenversuch B: gut sitzende Matrize.

In diesem Falle konnte die Matrize bedeutend strammer angelegt werden. Sie gab dem Stopfdruck nur unwesentlich nach, und es bestand dadurch nicht die Gefahr des Durchstopfens. Nachdem die Matrize angelegt worden war, wurde genauso gestopft wie im vorhergehenden Versuch schon angegeben wurde, nur daß der Stopfdruck bedeutend größer war und viel kräftiger und intensiver kondensiert werden konnte. Der Vorgang des Rotierens konnte hier auch viel besser angewandt werden. Es konnte überbaut werden, und das Amalgam wurde nochmals kräftig mit Daumendruck unter Zuhilfenahme eines Stück Kofferdamms in die Kavität gepreßt. Ausgepreßtes Quecksilber wurde entfernt, ohne daß die Gefahr eines zu großen Nachgebens der Matrize bestand.

Mit dieser Matrize wurden 20 Füllungen in beschriebener Weise gelegt. Von diesen waren nach 24 Stunden 13 Füllungen (= 65%) gegen den maximalen Luftdruck von 400 cm/WS dicht. Sieben Füllungen (= 45%) waren undicht. Bei letzterem lag der Blasenabreißdruck unter 200 cm/WS. An diesem Ergebnis änderte sich bei der Kontrolle nach 5 Tagen nichts mehr.

Matrizenversuch C: gut sitzende Matrize:

Nach Anlegen der Matrize wurden auch hier in der vorher beschriebenen Weise 20 Füllungen gelegt. Bei der ersten Messung nach 24 Stunden waren von diesen 16 Füllungen (= 80%) gegenüber dem maximalen Luftdruck von 400 cm/WS dicht. Vier Füllungen (= 20%) waren undicht. Von diesen hielten 3 Füllungen einen Blasenabreißdruck zwischen 200 und 100 cm/WS aus. Bei einem Röhrchen lag der Luftdruck unter 100 cm/WS. Die Nachkontrolle nach 5 Tagen ergab keine Änderung. Die Zahlenwerte von Matrize „B“ und „C“ sind ebenfalls in Tafel IV wiedergegeben. Der Unterschied der Resultate zwischen den beiden letzten Matrizen mag wohl darin begründet liegen, daß bei Matrize „B“ das Matrizenband dünner und etwas schmaler war und dadurch eine gewisse Vibration durch den großen Stopfdruck nicht zu verhindern war. Bei Matrize „C“ war das Matrizenband kräftiger, und die Vibrationen traten nicht so in Erscheinung.

Die Stopfzeiten bei den Matrizenversuchen lagen zwischen 13 und 15 Min. Aus diesen Ergebnissen ist zu erschen, daß es wohl erforderlich ist, exakt und festsitzende Matrizen beim Legen von Approximalküllungen zu verwenden. Die Gefahr des Überstopfens von Amalgam bei schlecht sitzenden Matrizen mit allen ihren Folgeerscheinungen, wie z.B. einer sekundären Caries ist kaum zu vermeiden. Neben diesen Ergebnissen läßt sich aber auch ein deutlicher Unterschied in der Oberflächenstruktur der unter der Glaswand sichtbaren Bereiche feststellen. Die mit einer unzweckmäßigen Matrize gestopften Füllungen zeigen an ihrer Oberfläche ein rauhes, stumpfes und körnig-poriges, die mit guter Kondensation und starkem Stopfdruck dagegen ein homogenes, glattes, mattglänzendes, dichtes Aussehen.

Erwähnt sei noch, daß in den meisten Fällen, sei es nun mit „schlechter“ oder „guter“ Matrize gelegten Füllungen, der Randschluß an den aufsteigenden Kavitätenwänden der Approximalkavität und an den oberen Kavitätenwinkeln unzureichend war. Es wurde versucht, durch ein möglichst starkes Einrotieren kleiner Portionen und durch ein längeres Kondensieren den Randschluß an diesen Punkten zu verbessern, was ja auch in Fällen „B“ und „C“ gelang. Trotzdem zeigten die Beobachtungen aber immer wieder, daß gerade diese Stellen bezüglich des Randschlusses an der Kavitätenwand die schwächsten Punkte aufwiesen.

Teil III

Vergleiche der Stopftechnik von Kollegen

Mittelwerte der einzelnen Kollegen

Lfd. Nr.:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
cm/WS	400	60	35	175	20	400	400	400	4	18

Einteilung nach der Stopfzeit

unter 5 Min.		5 — 8 Min.		8 — 11 Min.	
Lfd. Nr.	cm/WS	Lfd. Nr.	cm/WS	Lfd. Nr.	cm/WS
3	35	2	60	1	400
5	20	4	175	6	400
9	40	7	400	8	400
		10	180		

Einteilung nach dem Stopfdruck

schwacher Druck		starker Druck	
Lfd. Nr.	cm/WS	Lfd. Nr.	cm/WS
2	60	1	400
3	35	4	175
5	20	6	400
9	40	7	400
10	180	8	400

Einteilung nach der Zahl der Stopfportionen

weniger als sechs		mehr als sechs	
2	60	1	400
3	35	4	175
		5	20
		6	400
		7	400
		8	400
		9	40
		10	180

Tafel IV

Zusammenfassung der mit Matriz e A gestopften undichten Füllungen.

Lfd. Nr.	cm/WS n. 24 Std.	cm/WS n. 120 Std.	Lfd. Nr.	cm/WS n. 24 Std.	cm/WS n. 120 Std.
161	60	60	174	95	95
162	125	125	175	25	25
163	50	50	176	40	40
164	50	50	177	95	95
165	65	65	178	80	190
166	75	75	179	30	30
167	150	150	180	70	70
168	180	180	181	300	300
169	80	80	182	70	70
170	120	120	183	55	55
171	45	45	184	80	110
172	65	65	185	75	75
173	115	170			

Gestopft wurden: 25 Phantomfüllungen
 davon dicht: 0 Phantomfüllungen = 0%
 undicht: 25 Phantomfüllungen = 100%

Zusammenfassung der mit Matriz e B gestopften undichten Füllungen.

Lfd. Nr.	cm/WS n. 24 Std.	cm/WS n. 120 Std.	Lfd. Nr.	cm/WS n. 24 Std.	cm/WS n. 120 Std.
186	50	50	193	140	140
187	90	90	199	160	160
190	115	115	201	65	65
191	110	110			

Gestopft wurden: 20 Phantomfüllungen =
 davon dicht: 13 Phantomfüllungen = 65%
 undicht: 7 Phantomfüllungen = 35%

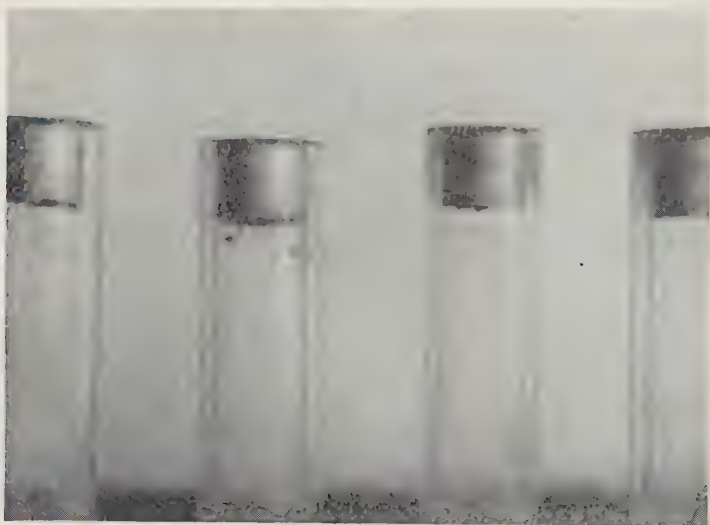
Zusammenfassung der mit Matriz e C gestopften undichten Füllungen.

Lfd. Nr.	cm/WS	cm/WS	Lfd. Nr.	cm/WS	cm/WS
207	120	120	215	90	90
213	175	175	223	150	150

Gestopft wurden: 20 Phantomfüllungen =
 davon dicht: 16 Phantomfüllungen = 80%
 undicht: 4 Phantomfüllungen = 20%

Tafel V

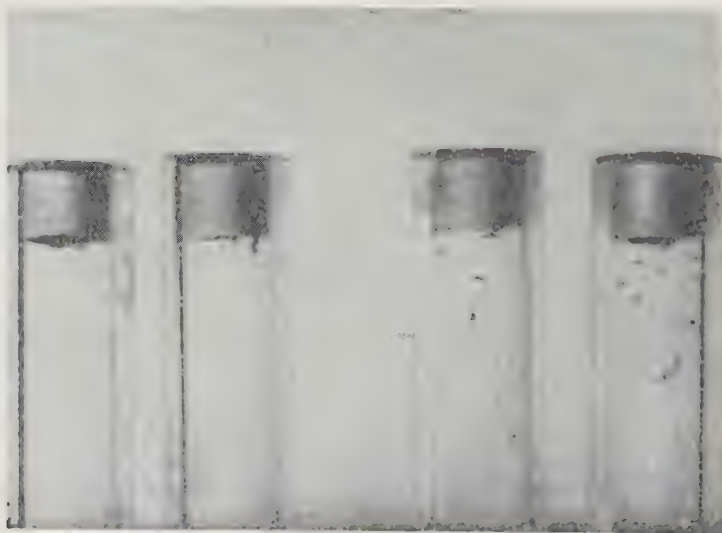
Aufnahmen von zentralen Füllungen mit „Standalloy“ gestopft.
Von der Versuchsperson gestopft:



undichte Füllungen

dichte Füllungen

Von Kollegen gestopft:

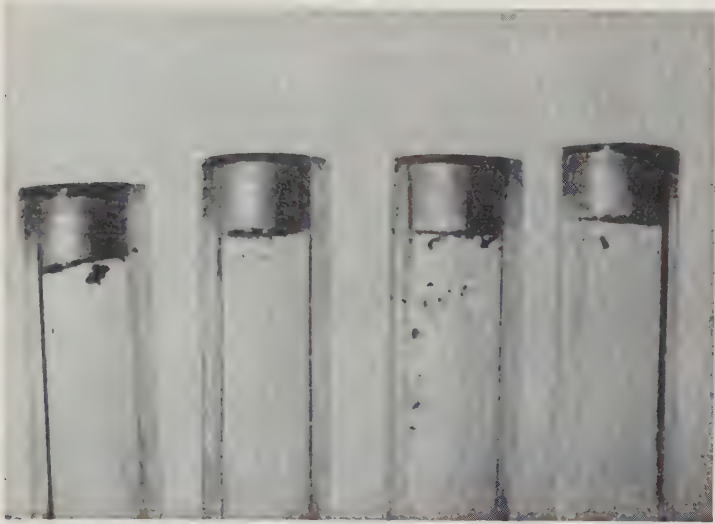


undichte Füllungen

dichte Füllungen

Tafel VI

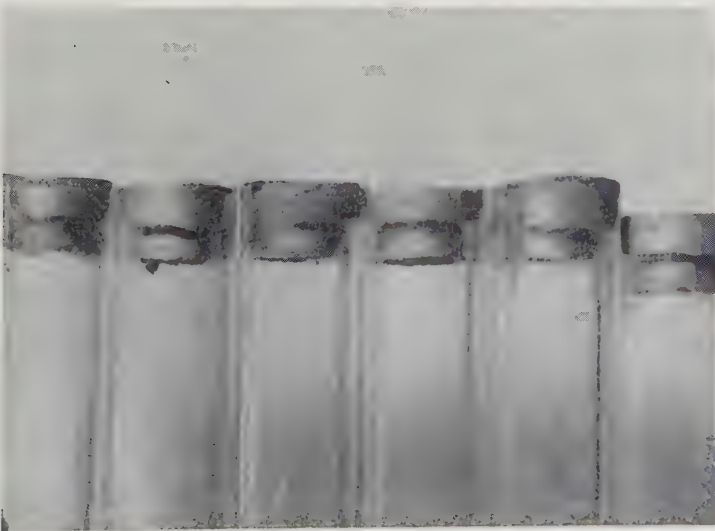
Aufnahmen von zentralen Füllungen mit „Standalloy“ gestopft:
Von der Versuchsperson mit Kavo-Hammer gestopft:



undichte Füllungen

dichte Füllungen

Aufnahmen von zweiflächigen Füllungen mit „Standalloy“ gestopft:
Von der Versuchsperson gestopft:



Matrize B

Matrize A

Matrize C

Zusammenfassung.

Im theoretischen Teil werden die Anschauungen verschiedener Autoren wiedergegeben, die sich zu der Frage geäußert haben, welche Faktoren für den Randschluß einer Amalgamfüllung von ausschlaggebender Bedeutung sind.

Im experimentellen Teil wurde zunächst versucht, die von Freytag (34) beschriebene Stopftechnik mit demselben Amalgam zu reproduzieren. Dies gelang annähernd; 70% anstatt 85% der Füllungen waren dicht. Im Anschluß daran wurde mit dem 68%igen Silberamalgam „Standalloy“ in einer großen Versuchsreihe untersucht, ob durch eine bestimmte, ausführlich dargelegte Stopftechnik der Randschluß verbessert und reproduziert werden kann. Es wurde unter größerem Zeitaufwand, großem Stopfdruck mit intensiver Kondensation und in kleineren Portionen gestopft. Es wird dabei eine quecksilberärmere Füllungsoberfläche angestrebt. Auf den Vorgang des Rotierens wird besonders hingewiesen. Um die gleichmäßige Güte dieses Amalgams feststellen zu können, wurde in einer kleineren Versuchsreihe ein anderer Produktionsposten untersucht. In 92% bzw. 90% der Fälle erwiesen sich die Füllungen bei dem maximal angewendeten Luftdruck von 400 cm/WS als dicht.

In einer weiteren Versuchsreihe wurden 100 Phantomfüllungen nicht „trocken“, sondern unter Wasser aufbewahrt. In diesem Falle waren sämtliche Füllungen dicht.

Bei dem Versuch, die Füllungen unter Verwendung des Amalgams „Standalloy“ mit dem Kavo-Hammer zu legen, waren 75% der Füllungen dicht. Dieser geringere Prozentsatz guter Füllungen dürfte wohl darin begründet liegen, daß mit dem Kavo-Hammer nur in vertikaler Richtung kondensiert werden kann.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde versucht, die beschriebene Stopftechnik einigen Kollegen zu vermitteln. Das hierbei angestrebte Ziel, bei den Kollegen, die ihre Füllungen nicht dicht legen konnten, eine Verbesserung des Randschlusses zu erreichen, gelang in fast allen Fällen.

In einer letzten Versuchsreihe wurde der Randschluß an zweiflächigen Füllungen unter Verwendung verschiedener Matrizen untersucht. Es zeigte sich, daß mit der Matrize, die der Approximalkavität nicht gut und fest anlag, keine dichte Füllung erzielt werden konnte. Mit zwei anderen gut und fest anliegenden Matrizen waren 65% bzw. 80% aller gelegten Füllungen dicht.

Aus diesen Matrizenversuchen dürfte wohl die Folgerung gezogen werden, nicht nur zweckentsprechende Matrizen zu verwenden, sondern auch eine gewisse Vibration des Matrizenbandes, die bei dem hohen Stopfdruck entstehen kann, nach Möglichkeit zu verhindern.

In allen Versuchsreihen wurde zur Überprüfung des Randschlusses die Blasendruckmethode nach Knapppost (35) angewendet.

Literaturverzeichnis

1. Brekhus, P. J. und Armstrong, W. D.
J. A. D. A. 23 : 1459 1936
2. Black, G. V.
Konservierende Zahnheilkunde II S. 353 ff. 1914
3. Wannemacher, E.
Bericht der 75. Tagung der DGZMK S. 87 1938
D. Z. W. 33 : 671 1930
4. Greth, H.
Die Amalgamfüllung S. 7 ff 1938
5. Ilg, V. K.
D. Z. Z. S. 189 1951
D. Z. Z. S. 259 1953
D. Z. Z. S. 127 1951
D. Z. Z. S. 429 1956
6. Jaraback, H. R.
J. A. D. A. 29 : 593 1942
7. Crowell, W. S. und Philipps, R. W.
J. Dent. Res. 30 : 845
8. Lacroix, R.
D. Z. Z. S. 749 1954
9. Hagedorn, F.
D. D. Z. H. 6 S. 158 1956
10. Rebel, H. H.
Konservierende Zahnheilkunde S. 139 ff. 1947
11. Miller, C.
D. Z. Z. S. 393 Übersetzung von Ilg 1946
12. Loebich, O.
D. Z. W. S. 1168 1933
D. Z. Z. S. 1194 1951
D. Z. Z. S. 716 1952
D. Z. Z. S. 1386 1954

13. Taylor, N. O. Sweeney, J. T. Maler, D. B.
 J. Dent. RES. 29 : 396 1950
 J. Dent. RES. 28 : 228 1949
14. Schoonover, J. C., Souder, W.
 J. A. D. A. 28 : 1278 1941
15. Schulte, H.
 Dissertation Göttingen 1955
16. Ehrlich, R.
 Dissertation Tübingen 1955
17. Witzel, A.
 Das Füllen der Zähne mit Amalgam S. 104 ff. 1899
18. Spreter von Kreudenstein
 Z. R. 62 : 612 1953
19. Mo. Donald, R. E. und Phillips, R. W.
 J. Dent. Res. 29 : 482 1950
20. Baume, L. J.
 D. Z. Z. 10 : 713 1955
21. Bonsack, C. H.
 S. M. f. Z. 61 : 1184 1951
22. Fenchel, A.
 Z. R. 5 : 174 1928
 D. Z. W. S. 642 1932
 Z. R. 3 : 101 1931
23. Crawford, W. H. und Larson, J. H.
 J. Dent. Res. 33 : 414 1954
24. Schoenbeck, F.
 Bericht der 75. Tagung der DGZMK S. 135 1938
25. Ray, K. W.
 J. A. D. A. 17 : 1880 1931
26. Taylor, N. O.
 J. A. D. A. 18 : 1179 1950
27. Loebich, O. und Nowack, L.
 D. Z. W. S. 144 1931
28. Schoch, P.
 Dissertation Tübingen 1954

- | | | |
|---------------------|----------------------------------|------|
| 29. Weikert | Z. R. 62:612 | 1953 |
| 30. Sperber, R. | Dissertation Göttingen | 1954 |
| 31. Kleimann | Dissertation Göttingen | 1952 |
| 32. Fischer, C. H. | D. Z. Z. 3 : 1091 | 1956 |
| 33. Sterner, Rainer | nach Loebich, O. D. Z. W. S. 144 | 1931 |
| 34. Freytag, A. | Dissertation Mainz | 1956 |
| 35. Knappwost, A. | D. Z. Z. 11 : 602 | 1951 |
| 36. Skinner, E. W. | D. Z. Z. 10 : 722 nach Baume | 1955 |

Lebenslauf

Ich, Gert Weißhuhn, wurde am 20. Februar 1926 als Sohn des Zahnarztes Dr. Bruno Weißhuhn und seiner Ehefrau Erna geb. Erb in Dortmund/Westf. geboren.

Von 1932 bis 1936 besuchte ich die Volksschule, anschließend die Hindenburg-Oberschule zu Dortmund. Als Luftwaffenhelfer kam ich 1942 zur Flak. Im Jahre 1943 meldete ich mich freiwillig zur Marine. Ende des Jahres 1945 wurde ich aus der britischen Gefangenschaft entlassen. Im Jahre 1947 bestand ich in einem Förderkursus für Kriegsteilnehmer an der Helmholtz-Oberschule in Dortmund das Abitur. Anschließend arbeitete ich einige Jahre in einem Zahntechn. Laboratorium und in der Bau- und Baustoffindustrie. Im Wintersemester 1952/53 belegte ich mein erstes zahnmedizinisches Semester an der Universität in Münster/Westf. Anschließend mußte ich aus finanziellen Gründen für etwa ein Jahr mein Studium unterbrechen. Zu Beginn des Sommersemesters 1954 konnte ich dann aus eigenen Mitteln mein Studium an der Universität in Mainz fortsetzen, wo ich am 30. April 1955 das Physikum bestand. Am 19. Dezember 1956 legte ich das Staatsexamen in der Zahnheilkunde an der Universität in Mainz ab.

Am Ende dieser Arbeit danke ich besonders Herrn Professor Dr. Joseph Kluczka für die freundliche Überlassung dieses interessanten und aktuellen Themas, für seine Ratschläge und die jederzeit wohlwollende Unterstützung der Arbeit.

Ebenso danke ich Herrn Dr. Otto Loebich, Hanau, für die vielen Hinweise und Anregungen und für die jederzeit freundliche und schnelle Hilfe bei der Beschaffung der Versuchsausrüstung und der zu untersuchenden Materialien

Mein Dank gilt ferner den Kolleginnen und Kollegen, die sich mir bei der Durchführung eines Versuchsabschnittes zur Verfügung gestellt haben.

